



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 49 730 A 1

51 Int. Cl. 7:  
F 04 C 13/00  
F 04 C 2/10  
F 04 C 2/14  
F 04 C 15/04

21 Aktenzeichen: 100 49 730.6  
22 Anmeldetag: 28. 9. 2000  
43 Offenlegungstag: 18. 4. 2002

DE 100 49 730 A 1

71 Anmelder:  
Berstorff GmbH, 30625 Hannover, DE

72 Vertreter:  
P.E. Meissner und Kollegen, 14199 Berlin

72 Erfinder:  
Uphus, Reinhard, Dr.-Ing., 30419 Hannover, DE

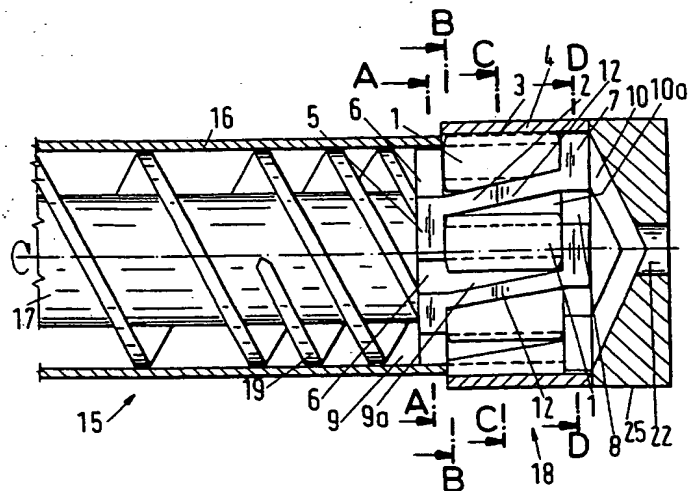
56 Entgegenhaltungen:  
DE 43 06 905 C1  
DE 100 39 48C  
DE 87 16 92C  
US 10 73 048  
EP 04 45 584 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Zahnradpumpe zur Förderung hochviskoser Medien und Verwendung dieser Zahnradpumpe

57 Die Erfindung betrifft eine Zahnradpumpe zur Förderung hochviskoser Medien, insbesondere von Kunststoffschmelzen und Kautschukmischungen, in der Bauart eines Planetengetriebes,  
- mit einem mit mindestens einem drehbar gelagerten Planetenrad (1) bestückten Planetenträger (2),  
- mit zwei weiteren Funktionselementen, die mit dem mindestens einen Planetenrad (1) im Sinne eines Sonnenrads bzw. eines Hohlrads (3) zusammenwirken,  
- mit einem den Planetenträger (2) umgebenden Pumpengehäuse (4),  
- mit einer Eingangsdichtwand (5),  
- mit einer Ausgangsdichtwand (7),  
- und mit einem Saugraum (9) und einem Druckraum (10), die von dem Pumpengehäuse (4) umschlossen und gegeneinander abgedichtet sind. Dabei weist jeweils nur eines der beiden als Sonnenrad oder Hohlrad (3) wirkenden Funktionselemente eine mit dem mindestens einem Planetenrad (1) kämmende Verzahnung auf und das andere Funktionselement weist mindestens einen Dichtbereich (11) auf, der glattwandig und über einen Teil des Umfangs und über die Länge des mindestens einen Planetenrads (1) gleitbar dichtend anliegend ausgeführt ist. Ferner ist zur Trennung des mindestens einen Saugraumelements (9) von dem mindestens einen Druckraumelement (10) in Umfangsrichtung versetzt zu dem mindestens einen Planetenrad (1) mindestens eine sich von der Eingangsdichtwand (5) bis zur Ausgangsdichtwand (7) erstreckende Trennwand (12) angeordnet.



DE 100 49 730 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Zahnradpumpe gemäß dem Gattungsbegriff des Patentanspruchs 1 sowie die Verwendung dieser Pumpe.

[0002] Aus der DE-A 21 00 403 ist eine Hydraulikpumpe bekannt, die in der Form eines Planetengetriebes mit einem Sonnenrad, mehreren an einem Planetenträger drehbar gelagerten Planetenrädern und einem Hohlrad ausgestattet ist, wobei sämtliche Räder eine Verzahnung aufweisen. Zwischen den Planetenrädern und dem Hohlrad, die miteinander kämmen, sowie zwischen den Planetenrädern und dem Sonnenrad, die ebenfalls miteinander kämmen, sind abwechselnd Saug- und Druckraumelemente gebildet, die durch bogenförmige Scheidewände des Planetenträgers, der im übrigen die Zwischenräume zwischen den Zahnradern ausfüllt, abgedichtet sind. Die Flachseiten der Planetenräder, des Hohlrads und des Sonnenrads liegen jeweils dicht auf zwei im Abstand voneinander angeordneten ebenen Gehäusewänden auf, die mit Wanddurchbrüchen versehen sind, welche die einzelnen Saug- und Druckraumelemente zwischen den Zahnradern mit einem mit einer Hydraulikzuleitung versehenen und als Sammler fungierenden Saugraum bzw. mit einem mit einer Hydraulikableitung versehenen und ebenfalls als Sammler fungierenden Druckraum verbinden. Bei dieser bekannten Zahnradpumpe, die als Planetenradpumpe zu bezeichnen ist, ist der Planetenträger vorzugsweise fest, während das Sonnenrad und das Hohlrad umlaufen. Für eine Förderung hochviskoser Medien ist eine solche Pumpe im Grundsatz wenig geeignet, weil sie mit einem erheblichen Vordruck gespeist werden müsste und somit nicht selbstreinigend wäre.

[0003] Eine ähnliche Zahnradpumpe, die aus der DE 36 31 527 C1 bekannt ist, erlaubt eine drehzahlunabhängige Varierung ihrer Fördermenge. Die Pumpe weist wiederum verzahnte Planetenräder, einen Planetenträger und ein verzahntes Hohlrad sowie ein verzahntes Sonnenrad auf, die außen von einem Pumpengehäuse eingeschlossen sind. Zur Veränderung der Fördermenge kann unabhängig von der Drehzahl des angetriebenen Sonnenrads wahlweise die Umlaufbewegung des Planetenträgers oder die Drehbewegung des Hohlrads stillgesetzt werden. Der Planetenträger ist mit einer mehrere Eintrittsöffnungen aufweisenden Eingangsdichtwand und einer davon axial beabstandeten, mehrere Austrittsöffnungen aufweisenden Ausgangsdichtwand versehen, die drehbar und abgedichtet in dem zylindrischen Pumpengehäuse gelagert sind. Im Pumpengehäuse ist in Förderrichtung vor der Eingangsdichtwand ein Saugraum und in Förderrichtung hinter der Eingangsdichtwand ein Druckraum angeordnet. Der Saugraum erstreckt sich jeweils durch die Eintrittsöffnungen in einzelne Saugraumelemente, die bis zur Ausgangsdichtwand reichen, während der Druckraum sich durch die Austrittsöffnungen in einzelne Druckraumelemente erstreckt, die bis zur Eingangsdichtwand reichen. Die Saugraumelemente und die Druckraumelemente sind jeweils in den Zwischenräumen zwischen einem Planetenrad, dem Hohlrad und dem Sonnenrad angeordnet und sind gegeneinander angedichtet durch die Eingangs- und die Ausgangsdichtwand sowie durch zwischenraumfüllende Teile des zwischen der Eingangs- und der Ausgangsdichtwand angeordneten, massiv ausgeführten Planetenträgers. Die Zuleitung für das zu fördernde Medium verläuft in Form einer Längsbohrung, die in eine Querbohrung übergeht, innerhalb der durch die Wand des Pumpengehäuses geführten Drehachse des Planetenträgers, während die Ableitung für das geförderte Medium in entsprechender Weise durch die Drehachse des Sonnenrads geführt ist. Wegen der kleinen Durchmesser der Bohrungen und der kleinen Querschnitts-

flächen der Eintritts- und Austrittsöffnungen wäre eine solche Pumpe zur Förderung hochviskoser Medien ungeeignet und wäre nicht selbstreinigend.

[0004] Eine andere als Planetenradpumpe arbeitende Zahnradpumpe ist aus der US 3 870 437 bekannt. Das zu fördernde Volumen wird hierbei jeweils in den Zwischenraum zwischen dem Sonnenrad und dem Hohlrad sowie zwei unmittelbar benachbarten Planetenrädern eingeschlossen. Um die Größe dieses Zwischenraums zur Erzeugung der Pumpwirkung während des Umlaufs der Planetenräder im Bereich der Ansaugstelle (Einströmbereich) kontinuierlich zu vergrößern und im Bereich der Druckzone (Abströmbereich) kontinuierlich zu verringern, weist diese Pumpe flexibel verformbare Zahnräder auf. Beispielsweise können das Hohlrad und das angetriebene Sonnenrad exzentrisch zueinander angeordnet und flexibel Planetenräder eingesetzt werden, die sich der unterschiedlichen Spaltbreite zwischen Hohlrad und Sonnenrad durch Verformung (Ovalität) anpassen können.

[0005] Gemeinsames Merkmal dieser bekannten Planetenradpumpen ist es, dass nicht nur die Planetenräder sondern auch das Hohlrad und das Sonnenrad jeweils Verzahnungen aufweisen, die miteinander im Sinne eines Umlaufgetriebes in kämmendem Eingriff stehen.

[0006] Bei der Verarbeitung von Kunststoffschmelzen oder Kautschukmischungen sind bisher Zahnradpumpen gebräuchlich, die im Sinne eines Stirnradgetriebes arbeiten und meistens an einen Schneckenextruder angeschlossen sind. Im Regelfall weist die Zahnradpumpe dabei einen von dem Antrieb der Extruderwelle oder -wellen separaten Antrieb auf. Ein solcher Extruder ist beispielsweise aus der EP 0 508 080 A2 bekannt. Dabei fördert eine Extruderschnecke das zu extrudierende Material unmittelbar in den Zwickelbereich der Zahnradpumpe, die zwei miteinander kämmende Stirnräder aufweist. Diese Art der Zahnradpumpe ist nicht selbstreinigend und erfordert daher meistens beim Wechseln des jeweils zu verarbeitenden Materials aufwendige Demontage- und Reinigungsarbeiten, um keine Qualitätseinbußen nach einem Materialwechsel hinnehmen zu müssen.

[0007] Aus der EP 0 564 884 A1 ist ein Doppelschneckenextruder bekannt, dessen Schneckenwellen in einem Abschnitt zur Druckerhöhung der zu verarbeitenden Schmelze jeweils mit einem der beiden Stirnräder einer Zahnradpumpe bestückt sind, so dass ein direkter Antrieb der Zahnräder durch die Schneckenwellen erfolgt. Durch zwei stirnseitige, d. h. senkrecht zur Längsachse der Schneckenwellen verlaufende Abdichtwände, die mit einem Durchtrittsfenster für die Schmelze zur Eintrittsseite bzw. zur Austrittsseite versehen sind, werden Ansaugraum und Druckraum voneinander getrennt. Auch diese Zahnradpumpe ist nicht selbstreinigend. Ihr Fördervolumen kann nicht unabhängig von der Drehzahl der Schneckenwellen verändert werden.

[0008] Schließlich ist aus der EP 0 642 913 A1 ein Einschneckenextruder bekannt, der vor seinem letzten Schneckenabschnitt eine Zahnradpumpe in der Bauart eines Stirnradgetriebes aufweist. Eines der beiden Stirnräder der Zahnradpumpe ist unmittelbar auf der Schneckenwelle des Schneckenextruders befestigt und wird durch diese angetrieben. Das Extrudergehäuse weist eine seitliche Ausbuchtung auf, in der das zweite Stirnrad der Zahnradpumpe gelagert ist. An den Flachseiten der Stirnräder liegt jeweils eine Dichtwand an, die formschlüssig im Gehäuse des Extruders gelagert ist. Die Abdichtwände oder das Extrudergehäuse sind jeweils mit einem saugseitigen bzw. druckseitigen Durchtrittsfenster für das zu extrudierende Material versehen. Auch bei diesem bekannten Extruder ist keine Selbstreinigung gewährleistet.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Zahnradpumpe vorzuschlagen, die in besonderer Weise zur Verarbeitung hochviskoser Materialien geeignet ist und weitgehend selbstreinigend arbeitet. Weiterhin soll eine vorteilhafte Verwendung dieser Zahnradpumpe angegeben werden.

[0010] Gelöst wird diese Aufgabe bei einer gattungsgemäßen Zahnradpumpe mit den im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen dieser Zahnradpumpe ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen. Eine vorteilhafte Verwendung einer Zahnradpumpe ergibt sich aus dem unabhängigen Patentanspruch 16 und den davon abhängigen Unteransprüchen.

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt eine Zahnradpumpe zur Verfügung, die im Prinzip entsprechend einem Planetengetriebe aufgebaut ist und in besonderer Weise zur Förderung hochviskoser Medien wie Kunststoffschmelzen und Kautschukmischungen geeignet ist und den Vorteil einer weitgehenden Selbstreinigung besitzt, da die Einspeisung des zu fördernden Mediums ohne nennenswerten Vordruck erfolgen kann. Die Erfindung geht aus von einer Planetenradpumpe, die einen Planetenträger aufweist, der mit mindestens einem drehbar in dem Planetenträger gelagerten Planetenrad bestückt ist. Ferner weist diese Planetenradpumpe zwei weitere Funktionselemente auf, die mit dem mindestens einen Planetenrad im Sinne eines Sonnenrads bzw. eines Hohlrads zusammenwirken. Darüber hinaus sind ein Pumpengehäuse, das den Planetenträger mit den Planetenrädern und den beiden vorgenannten Funktionselementen von außen umgibt, sowie eine Eingangs- und eine Ausgangsdichtwand vorgesehen. Die Eingangsdichtwand ist mit dem Planetenträger drehfest verbunden und weist mindestens eine Eintrittsöffnung für das zu fördernde Medium auf. In entsprechender Weise ist die Ausgangsdichtwand mit dem Planetenträger drehfest verbunden und mit mindestens einer Austrittsöffnung für das zu fördernde Medium versehen. Außerdem weist diese Zahnradpumpe einen Saugraum und einen Druckraum auf, die von dem Pumpengehäuse umschlossen und gegeneinander abgedichtet sind, wobei der Saugraum in Förderrichtung vor der Eingangsdichtwand angeordnet ist und sich durch die mindestens eine Eintrittsöffnung hindurch in mindestens ein Saugraumelement entlang des mindestens einen Planetenrads bis zu der Ausgangsdichtwand hin erstreckt und wobei der Druckraum in Förderrichtung hinter der Ausgangsdichtwand angeordnet ist und sich durch die mindestens eine Austrittsöffnung hindurch in mindestens ein Druckraumelement entlang des mindestens einen Planetenrads bis zu der Eingangsdichtwand hin erstreckt. Erfindungsgemäß ist bei einer derartigen Zahnradpumpe vorgesehen, dass jeweils nur eines der beiden als Sonnenrad oder als Hohlrad wirkenden Funktionselemente eine mit dem mindestens einen Planetenrad kämmende Verzahnung aufweist, wohingegen das andere Funktionselement mindestens einen Dichtbereich besitzt, der glattwandig und so ausgeführt ist, dass er über einen Teil des Umfangs und über die Länge des mindestens einen Planetenrads gleitbar dichtend an diesem anliegt. Weiterhin sieht die Erfindung vor, dass das Funktionselement, welches den mindestens einen Dichtbereich aufweist, drehfest mit dem Planetenträger verbunden ist, also dieselben Bewegungen ausführt. Um eine abgedichtete Trennung des mindestens einen Saugraumelements von dem mindestens einen Druckelement zu gewährleisten, sieht die Erfindung als weiteres wesentliches Merkmal vor, dass in Umfangsrichtung versetzt zu dem mindestens einen Planetenrad mindestens eine sich von der Eingangsdichtwand bis zur Ausgangsdichtwand erstreckende Trennwand angeordnet ist, die mit dem Funktionselement, welches den mindestens einen glattwan-

digen Dichtbereich aufweist, drehfest und dichtend verbunden ist und sich in radialer Richtung bis zum Kopfkreis der Verzahnung des die Verzahnung aufweisenden Funktionselements erstreckt.

[0012] Das Funktionselement, welches in entsprechender Weise wie das mindestens eine Planetenrad verzahnt ist und mit diesem kämmt, ist vorzugsweise das Hohlrad. Da dieses feststehend angeordnet werden kann, ist es zweckmäßigerweise einstückig mit dem Pumpengehäuse ausgeführt oder zumindest drehfest in dem das Hohlrad umgebenden Pumpengehäuse gelagert. In diesem Fall läuft der Planetenträger mit dem dem Sonnenrad entsprechenden Funktionsteil um und ist vorzugsweise einstückig mit diesem ausgeführt. Ein verzahntes Sonnenrad, wie bei einem üblichen Planetenradgetriebe, gibt es hierbei also nicht. Das mindestens eine Planetenrad kämmt dabei also nicht mit einer Verzahnung eines solchen Sonnenrads, sondern bewegt sich gleitbar abgedichtet im mindestens einen Dichtbereich des sonst als Sonnenrad fungierenden Funktionsteils.

[0013] Selbstverständlich ist es möglich, auch eine umgekehrte Anordnung zu wählen, bei der ein verzahntes Sonnenrad benutzt wird, während das als Hohlrad fungierende Funktionsteil keine Verzahnung aufweist, sondern mit dem mindestens einen Dichtbereich versehen ist. In diesem Fall kann das "Hohlrad" wie der Planetenträger stillstehen. Wegen der einfacheren Konstruktion wird aber die vorgenannte Lösung mit verzahntem Hohlrad und mit unverzahntem "Sonnenrad" bevorzugt.

[0014] Zweckmäßigerweise werden mehrere Planetenräder, Trennwände, Eintritts- und Austrittsöffnungen vorgesehen, also jeweils mindestens zwei, vorzugsweise jeweils mindestens vier. Die Verzahnung der Planetenräder und des damit kämmenden Funktionsteils (vorzugsweise also das Hohlrad) kann geradzahnt sein, wird aber vorzugsweise schräg verzahnt ausgeführt. Dies ermöglicht eine besonders gleichmäßige Förderung der erfindungsgemäßen Planetenradpumpe.

[0015] Die Planetenräder und das damit kämmende Funktionsteil können auch pfeilverzahnt ausgeführt sein. In diesem Fall wird aber die Demontage erschwert. Durch eine geteilte Ausführung z. B. des Hohlrads lässt sich aber selbst unter diesen erschwerten Bedingungen noch eine Demontage bewerkstelligen.

[0016] In einer weiteren zweckmäßigen Ausführungsform sieht die Erfindung vor, dass die Trennwände in axialer Richtung in entsprechender Weise, wie die Schrägverzahnung wendelförmig verlaufen. Dabei empfiehlt es sich, die Trennwände einstückig mit dem den mindestens einen Dichtbereich aufweisenden Funktionselement, also vorzugsweise mit dem "Sonnenrad" einstückig auszubilden. Auch der Planetenträger wird in diesem Fall zweckmäßigerweise einstückig mit dem "Sonnenrad" ausgebildet.

[0017] Die Planetenräder werden zweckmäßig in der Eingangsdichtwand und der Ausgangsdichtwand gelagert, so dass diese Teil des Planetenträgers sind. Selbstverständlich ist auch eine separate Ausbildung dieser Bauteile möglich. Damit die Planetenräder leicht montiert und demontiert werden können, ist es vorteilhaft, lediglich eine der beiden Dichtwände, vorzugsweise die Eingangsdichtwand, einstückig mit dem Planetenträger auszubilden und die andere Dichtwand als separates Bauteil zu belassen.

[0018] Um die erfindungsgemäße Zahnradpumpe leicht in einem Gehäuse eines Schneckenextruders unterbringen zu können und eine einfache Demontierbarkeit zu gewährleisten, empfiehlt es sich, den Außendurchmesser der Eingangsdichtwand ungleich, d. h. vorzugsweise kleiner zu gestalten als den Außendurchmesser der Ausgangsdichtwand. Dadurch lässt sich die Zahnradpumpe, die meistens am För-

derende eines Schneckenextruders mit diesem verbunden wird, leicht vom Kopfende des Extruders her aus dem Gehäuse herausziehen.

[0019] Um eine Veränderung des Fördervolumens der Zahnradpumpe während des Betriebs zu ermöglichen, sieht eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung vor, den Planetenträger zusammen mit dem dem Sonnenrad entsprechenden Funktionsteil und der Eingangs- und der Ausgangsdichtwand innerhalb des Pumpengehäuses axial gegenüber dem verzahnten Hohlrad um einen Verschiebeweg  $w$  Verschieblich anzuordnen. Dadurch kann die Länge des Zahneingriffs zwischen dem Hohlrad und den Planetenrädern und damit das Verdrängungsvolumen der Zähne variiert werden. Damit keine unerwünschten Undichtigkeiten zwischen dem Saugraum und dem Druckraum entstehen, empfiehlt es sich, die abgedichtet im Pumpengehäuse gleitbar gelagerte Eingangsdichtwand, die sich beim Verschieben in den Verzahnungsbereich des Hohlrads hinein bewegt, in ihrer axialen Dicke  $d$  (d. h. in Verschieberichtung gesehen) größer zu wählen als den maximalen Verschiebeweg  $w$ . Dadurch bleibt die Dichtung zwischen dem Pumpengehäuse und der Eingangsdichtwand unverändert erhalten. Es kann aber auch vorgesehen werden, eine bewusste Undichtigkeit zwischen Druckraum und Saugraum durch eine geringfügige Verschiebung einzustellen, um die Förderleistung der Pumpe zu drosseln.

[0020] Die Drosselung der Förderleistung während des Betriebs ist im Unterschied zu bekannten Planetenradpumpen ohne einen ständig erforderlichen zweiten Antriebs für eines der Funktionselemente (Hohlrad oder Sonnenrad) möglich, da lediglich für die kurze Zeit der axialen Verstellung der Zahnradpumpe ein Antrieb mit einem soweit äußerst geringfügigen Energieverbrauch benötigt wird. Durch die Verstellbarkeit der Förderleistung der Zahnradpumpe wird eine Anpassung an die Verarbeitung unterschiedlicher Materialien möglich.

[0021] In fertigungstechnischer Hinsicht kann es empfehlenswert sein, die Planetenräder und/oder das damit kämmende Hohlrad bzw. Sonnenrad im oberflächennahen Bereich der Verzahnung weichelastisch auszuführen. In diesem Fall können gegenüber der exakten Verzahnung fertigungstechnisch relativ grob tolerierte metallische Zahnradgrundkörper gefertigt werden, die kleinere Abmessungen als die Sollabmessungen der fertigen Verzahnung aufweisen und anschließend mit einer elastischen Umhüllung, insbesondere einer Umhüllung aus Gummi oder einem thermoplastischen Elastomer versehen werden. Da diese Umhüllung ausgezeichnete Elastizitätseigenschaften aufweist, sind auch die Anforderungen an die in dieser Weise fertiggestellte Verzahnung geringer als bei einer rein metallischen Verzahnung. Übermaße können durch Verformung gleichsam kompensiert werden. Durch eine Gummiummantelung mit leichtem Übermaß können die Zahn Hohlräume des Hohlrads vollständig ausgereinigt werden.

[0022] In einer weiteren Variante sieht die Erfindung vor, die Verzahnung des Hohlrads oder der Planetenräder alternierend oder abschnittsweise mit Zähnen unterschiedlicher Höhe auszuführen, also beispielsweise ein Planetenrad einzusetzen, bei dem die Hälfte der Zähne eine normale Größe und die andere Hälfte der Zähne eine verringerte Größe aufweist, wobei sich die beiden Zahngrößen über den Umfang ständig abwechseln. Wenn die Pumpe mehrere Planetenräder aufweist, können auch unterschiedliche Planetenräder verwendet werden, d. h. Planetenräder mit normaler Zahnhöhe und andere Planetenräder mit verringerter Zahnhöhe. Der damit bewirkbare Effekt ist darin zu sehen, dass durch teilweise verringerte Zahnhöhe eine Kompaktierung des Materials erfolgen kann, welches in den Zahnspalten des mit

dem jeweiligen Zahnrad zusammenwirkenden Gegenrades enthalten ist. Das kompaktierte Material würde dann erst beim Zusammentreffen mit einem vollausgebildeten Zahn aus der Zahnspalte ausgedrückt und gefördert werden.

[0023] Bei einem Planetenrad mit durchgehend verringerter Zahnhöhe wird also das in den Zahnspalten des Hohlrads befindliche Material zunächst komprimiert und erst durch ein nachfolgendes Planetenrad, dessen Zähne voll ausgebildet sind, unter Dehn- und Scherströmungen aus der Zahnspalte jeweils herausgedrückt. Bei einer Zahnradpumpe mit vier Planetenrädern werden jeweils zwei gegenüberliegende mit einer reduzierten Zahnhöhe und die beiden anderen sich gegenüberliegenden Planetenräder mit normaler Zahnhöhe ausgebildet. Die in der Zahnradpumpe vorliegenden Zwangsströmungen begünstigen ein kontinuierliches Homogenisieren und Mischen (z. B. Füllstoffe) des zu verarbeitenden Materials.

[0024] Die Zahngeometrie der Verzahnung von Planetenrädern und Hohlrad ist im Grundsatz beliebig. Es muss lediglich sichergestellt sein, dass die Zähne des einen Zahnrads in die Zahnspalte des jeweils anderen Zahnrads so eingreifen, dass ein abdichtender Gleitkontakt mit den beiden die jeweilige Zahnspalte des anderen Zahnrads begrenzenden Zähnen besteht.

[0025] Erfindungsgemäß werden eine oder mehrere Zahnradpumpen in der Bauart eines Planetengetriebes, insbesondere Zahnradpumpen nach einem der Patentansprüche 1 bis 15, in einem Schneckenextruder zur Förderung fließfähiger Medien wie insbesondere Kunststoffschmelzen und Kautschukmischungen verwendet, wobei der Schneckenextruder eine oder auch mehrere Schneckenwellen aufweisen kann und die Schneckenwelle bzw. -Wellen jeweils mechanisch mit dem Antrieb der Zahnradpumpe gekoppelt sind, so dass es keines separaten Pumpenantriebs bedarf. Somit ist auch keine eigene Steuerung für den Antrieb der Zahnradpumpe erforderlich.

[0026] Üblicherweise wird das Pumpengehäuse unmittelbar an das Gehäuse des Schneckenextruders angeschlossen bzw. ist vorzugsweise Bestandteil des Extrudergehäuses.

[0027] Mit besonderem Vorteil wird die Gangzahl der Schneckenwelle bzw. -Wellen am Förderende jeweils gleich der Zahl der Planetenräder der daran angeschlossenen Zahnradpumpe gewählt. Die Gangzahl muss aber keineswegs über die gesamte Schneckenlänge konstant sein. Eine vorzugsweise Verwendung der erfindungsgemäßen Zahnradpumpen sieht vor, die Gangzahl der Schneckenwellen in dem vor dem Förderende liegenden Abschnitt der Schneckenwellen jeweils halb so groß wie am Förderende zu wählen.

[0028] Bei Einsatz einer Planetenradpumpe mit Schrägverzahnung ist es vorteilhaft, die Neigung der Wendelung der Gänge der Schneckenwellen bezogen auf die Förderrichtung des Schneckenextruders jeweils in entgegengesetzter Richtung vorzusehen wie die Neigung der Verzahnung.

[0029] Um die Förderleistung des Schneckenextruders mit der Planetenradpumpe ohne Änderung der Antriebsdrehzahl beeinflussen zu können, empfiehlt es sich, die Schneckenwelle jeweils zusammen mit dem Planetenträger sowie dem Sonnenrad und der Eingangs- und Ausgangsdichtwand axial verschieblich anzuordnen. Durch axiales Verschieben der Schneckenwelle, die mit dem Planetenträger mechanisch drehfest gekoppelt ist, kann so die Förderleistung der Zahnradpumpe beeinflusst werden, da in der zuvor beschriebenen Weise das Verdrängungsvolumen und/oder die gewollte Leckage zwischen Saugraum und Druckraum gesteuert werden.

[0030] Ein wesentlicher Vorteil bei einer Kombination eines Schneckenextruders mit der erfindungsgemäßen Zahn-

radpumpe ist darin zu sehen, dass wegen der guten Druckaufbaueigenschaften bei gleichzeitiger Nichtnotwendigkeit eines nennenswerten Förderdrucks zur Einspeisung in die Zahnradpumpe die Extruderschnecke vor der Zahnradpumpe sehr kurz ausgeführt werden kann. Vorzugsweise beträgt die Länge der Extruderschnecke den zwei- bis fünffachen Wert des Schneckendurchmessers.

[0031] Eine besonders vorteilhafte Verwendung der Planetenradpumpe ergibt sich in einem Schneckenextruder insbesondere zur Verarbeitung von Kautschukmischungen, wenn hinter der Zahnradpumpe ein Stützylinderextruderbereich, wie er beispielsweise aus der DE 40 39 942 A1, deren Offenbarungsgehalt insoweit in die vorliegende Anmeldung einbezogen wird, bekannt ist. Die Planetenradpumpe kann dabei den für den Stützylinderextruderbereich vorteilhaften hohen Vordruck leicht aufbauen.

[0032] In einer weiteren vorteilhaften Verwendung ist vorgesehen, dass hinter einem solchen Stützylinderextruderbereich noch ein Vakuumentgasungsbereich angeschlossen wird, dem am Ende des Extruders noch eine zweite Planetenradpumpe folgt, um den erforderlichen Extrusionsdruck am Extruderausgang zu liefern.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Figuren zeigen in schematischer Darstellung:

[0034] Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Einschneckenextruder mit Planetenradpumpe,

[0035] Fig. 2 den Längsschnitt gemäß Fig. 1 in Form einer Abwicklung,

[0036] Fig. 3a-d Querschnitte gemäß den Linie A-A, B-B, C-C und D-D in Fig. 1,

[0037] Fig. 4 eine Abwandlung des Schneckenextruders gemäß Fig. 1 durch axiale Verschieblichkeit der Schneckenwelle,

[0038] Fig. 5 einen Schneckenextruder mit Planetenradpumpe und daran angeschlossenem Stützylinderextruderbereich,

[0039] Fig. 6 einen Schneckenextruder mit zwei hintereinandergeschalteten Planetenradpumpen, Stützylinderextruderbereich und Vakuumentgasungsbereich,

[0040] Fig. 7 ein Schnittbild eines Planetenrads mit weichelastischer Umhüllung und

[0041] Fig. 8 ein Planetenrad mit alternierend unterschiedlich hohen Zähnen.

[0042] In den Fig. 1 bis 3d ist ein Schneckenextruder 15 in einem axialen Längsschnitt, mehreren Querschnitten und einer schematischen Abwicklung (Fig. 2) dargestellt. Der Schneckenextruder 15 besitzt eine Schneckenwelle 17, die in Förderrichtung gesehen zunächst 2-gängig ausgeführt ist und am Förderende 19 die doppelte Gangzahl aufweist, also 4-gängig ist. Die Schneckenwelle 17 ist von einem Extrudergehäuse 16 umgeben. In unmittelbarem Anschluss an das Förderende 19 ist eine Planetenradpumpe 18 vorgesehen, die ein im wesentlichen zylindrisches Pumpengehäuse 4 aufweist, innerhalb dessen ein Planetenträger 2 mit vier drehbar darin gelagerten Planetenrädern 1 angeordnet ist. Im Bereich der Wand des Pumpengehäuses 4 ist auf der Innenseite ein verzahntes Hohlrad 3 vorgesehen, das in bevorzugter Ausführungsform der Erfindung einstückig mit diesem Teil des Pumpengehäuses 4 ausgeführt ist. Auf der linken Seite der Planetenräder 1 befindet sich eine Eingangs dichtwand 5, die abgedichtet und drehbar im Extrudergehäuse 16 gelagert ist. Diese Eingangs dichtwand 5 ist entsprechend der Anzahl der Planetenräder 1 mit vier Eintrittsöffnungen 6 versehen (Fig. 3a). Auf der rechten Seite der Planetenräder 1 ist eine Ausgangs dichtwand 7 angeordnet, die in entsprechender Weise mit vier Austrittsöffnungen 8 versehen ist (Fig. 3d). Auch die Ausgangs dichtwand 7 ist drehbar gela-

gert, und zwar im Pumpengehäuse 4. Links von der Eingangs dichtwand 5, also am Ende des 4-gängigen Teils der Schneckenwelle 17 befindet sich der Saugraum 9 der Zahnradpumpe 18, während sich ihr Druckraum 10 auf der rechten Seite der Ausgangs dichtwand 7 befindet. Der Saugraum 9 erstreckt sich durch die Eintrittsöffnungen 6 in Form von Saugraumelementen 9a entlang jeweils eines Planetenrads 1 bis zur Ausgangs dichtwand 7. In entsprechender Weise erstreckt sich jeweils auf der diametral gegenüberliegenden Seite eines Planetenrads 1 der Druckraum 10 in Form jeweils eines Druckraumelements 10a durch die Austrittsöffnungen 8 hindurch bis zur Eingangs dichtwand 5 (Fig. 1, 3b, 3c). Der Planetenträger 2, zu dem funktionell auch die Eingangs dichtwand 5 und die Ausgangs dichtwand 7 gehören, da diese die Lagerung der Planetenräder 1 aufnehmen, ist mit insgesamt vier Trennwänden 12 versehen, die sich im wesentlichen radial von einem mittleren Grundkörper aus zwischen den Planetenrädern 1 bis zur Verzahnung des Hohlrads 3 erstrecken. Der Kopfkreis der Verzahnung des Hohlrads 3 ist in Fig. 3b, c gestrichelt dargestellt, ebenso wie die Kopfkreise der Verzahnung der Planetenräder 1. Aus Fig. 3b, c ist auch ersichtlich, dass die Planetenräder 1 jeweils in einem glattzylindrisch geformten Dichtbereich 11 gleitbar dichtend an den jeweils zugeordneten Trennwänden 12 bzw. dem mittleren Grundkörper des Planetenträgers 2 anliegen. Die Dichtwände 12 sind einstückig mit dem Planetenträger 2 ausgeführt. Die Planetenräder 1 befinden sich im Eingriff mit der Verzahnung des Hohlrads 3, so dass auch dort ein abgedichtetes Anlegen gegeben ist. Im Querschnitt gesehen sind somit die Saugraumelemente 9a jeweils durch eine Trennwand 12, den mittleren Grundkörper des Planetenträgers 2, ein zugeordnetes Planetenrad 1, welches dichtend an dem mittleren Grundkörper und in der Verzahnung des Hohlrads 3 anliegt, und durch einen Teil des Hohlrads 3 abgeschlossen. Entsprechendes gilt für die bezüglich der Achse der Planetenräder 1 diametral jeweils gegenüberliegenden Druckraumelemente 10a, die in der dargestellten Schnittposition der Fig. 3b in der Nähe der Eingangs dichtwand 5 nur einen sehr kleinen Querschnitt aufweisen. Die umgekehrten Größenverhältnisse ergeben sich bei einem entsprechenden Schnitt in der Nähe der Ausgangs dichtwand 7. Dort hätten die Saugraumelemente 9a die Größe der Druckraumelemente 10a in Fig. 3b. Entsprechend würde der Querschnitt des Druckraumelements 10a jeweils die Größe des Saugraumelements 9a in Fig. 3b aufweisen. Das bedeutet also, dass sich die Saugraumelemente 9a im Querschnitt von der Eintrittsöffnung 6 hin bis zur Ausgangs dichtwand 7 kontinuierlich verringern, während sich die gegenüberliegenden Druckraumelemente 10a von der Eingangs dichtwand 5 bis zu den Austrittsöffnungen 8 in der Ausgangs dichtwand 7 kontinuierlich im Querschnitt vergrößern. In der Mitte zwischen der Eingangs dichtwand 5 und der Ausgangs dichtwand 7 sind die Saugraumelemente 9a, wie Fig. 3c zeigt, im Querschnitt etwa gleich groß wie die Druckraumelemente 10a. Während der mittlere Grundkörper des Planetenträgers 2, der in einem üblichen Planetenradgetriebe dem Sonnenrad entspricht, keinerlei Verzahnung aufweist, ist das Hohlrad 3 ebenso wie die Planetenräder 1 vorteilhaft mit einer Schrägverzahnung ausgestattet. Ebenfalls in bevorzugter Weiterbildung der Erfindung sind die Trennwände 12 wendelförmig, d. h. bezüglich der Längsachse des Schneckenextruders 15 schräg angestellt, wobei die Neigung dieser Schräge in die umgekehrte Richtung weist wie die Neigung der Gänge der Schneckenwelle 17 (Fig. 1). Der Austritt aus dem dargestellten Extruder ist mit dem Bezugszeichen 22 bezeichnet.

[0043] Man erkennt aus dem Schnittbild der Fig. 1, dass das Pumpengehäuse 4 einen vergrößerten Durchmesser ge-

genüber dem Extrudergehäuse 16 aufweist. Das Extrudergehäuse 16 besitzt einen Innendurchmesser, der geringfügig kleiner ist als der Durchmesser des Kopfkreises der Verzahnung des Hohlrads 3, so dass die rechte Stirnwand des Extrudergehäuses 16 in der Nähe der eingezeichneten Schnittlinie B-B die Querschnittsflächen der Zahnücken der Verzahnung des Hohlrads 3 vollständig abdeckt. Entsprechendes gilt für die Zahnücken der Planetenräder 1, soweit diese sich im Bereich des Eingriffs mit der Verzahnung des Hohlrads 3 befinden. Im übrigen werden die Planetenräder 1 und der gesamte Zwischenraum bis auf die notwendigen Eintrittsöffnungen 6 von der Eingangsdichtwand 5 vollständig verschlossen (Fig. 3a). Entsprechendes gilt auf der anderen Seite der Planetenräder 1 in Bezug auf die Ausgangsdichtwand 7 und die Austrittsöffnungen 8 (Fig. 3d). Die Ausgangsdichtwand 7 weist einen Außendurchmesser auf, der dem Innendurchmesser des Pumpengehäuses 4 entspricht, so dass die Zahnücken der Verzahnung des Hohlrads 3 an der rechten Stirnseite der Verzahnung vollständig durch die Ausgangsdichtwand 7 abgedichtet werden. Da der Außendurchmesser der Eingangsdichtwand 5 bewusst gewählt kleiner ist als der Kopfkreisdurchmesser der Verzahnung des Hohlrads 3 kann zum Zwecke der Demontage nach Entfernung eines Kopfstücks 25 die gesamte Einheit des Planetenträgers 2 mit den Planetenrädern 1 und den beiden Dichtwänden 5, 7 problemlos nach rechts aus dem Pumpengehäuse 4 herausgezogen werden.

[0044] Die Arbeitsweise des dargestellten Schneckenextruders ist wie folgt: Das zu verarbeitende Medium, beispielsweise die Schmelze eines thermoplastischen Kunststoffes, wird durch die Schneckenwelle 17 von links nach rechts in Richtung der Zahnrادpumpe 18 gefördert. Aus den zunächst zwei Teilströmen, die sich entlang der 2-gängigen Schneckenwelle bewegen, werden am Förderende 19 durch die beiden zusätzlichen Schneckengänge vier Teilströme erzeugt. Die Schneckengänge enden jeweils, wie besonders deutlich aus der Abwicklung der Fig. 2 hervorgeht, an einer Eintrittsöffnung 6, münden also in ein Saugraumelement 9a. Da die Schneckenwelle 17 mechanisch mit dem Planetenträger 2 gekoppelt ist, führt dieser zusammen mit den ebenfalls daran angekoppelten Dichtwänden 5, 7 die gleichen Drehbewegungen aus. Die Schmelze gelangt, ohne dass es hierzu eines wesentlichen Vordrucks bedarf, durch die vergleichsweise großen Eintrittsöffnungen 6 in die einzelnen Saugraumelemente 9a. Durch die Trennwände 12 wird das Material der Schmelze entsprechend der eingezeichneten Drehrichtung in die Zahnücken der Verzahnung des Hohlrads 3 hineingestrichen. Die Beförderung der Schmelze in das jeweils gegenüberliegende Druckraumelement 10a erfolgt an jedem Planetenrad 1 in zwei Teilströmen. Der eine Teilstrom wird in den Zahnücken des jeweiligen Planetenrads 1 entlang der Dichtzonen 11 in das zugehörige Druckraumelement 10a geführt, während ein zweiter Massenstrom durch Herausquetschen der Schmelze aus den Zahnücken des Hohlrads 3 infolge des Eingriffs der Verzahnung der Planetenräder 1 erzeugt wird. Auf diese Weise wird der am Pumpeneingang noch aus vier Teilströmen bestehende Gesamtstrom nunmehr in insgesamt acht Teilströme aufgeteilt, so dass die Planetenradpumpe zu einer Verbesserung der Materialmischung beitragen kann. Dadurch, dass das zu fördernde Material beim Umlaufen des Planetenträgers 2 von den radialen Trennwänden 12 in die Zahnücken des Hohlrads 3 hineingestrichen wird, ergibt sich auch eine besondere Eignung dieser Zahnrادpumpe zur weitgehenden Selbstreinigung.

[0045] Die Eingangsdichtwand 5 und somit zumindest auch ein Teil des Planetenträgers 2 können auch körperlich Bestandteil der Schneckenwelle 17 sein, müssen also keine

separaten Bauteile sein.

[0046] In Fig. 4 ist eine Abwandlung des in den Fig. 1 bis 3d dargestellten Schneckenextruders mit Planetenradpumpe dargestellt. Die grundsätzliche Aufbauweise und Funktion dieses Schneckenextruders entspricht letzterem, so dass insoweit auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird. Im Unterschied hierzu ist jedoch die Schneckenwelle 17 des Schneckenextruders 15 in Fig. 4 zusammen mit dem Planetenträger 2 und der damit verbundenen Eingangsdichtwand 5 sowie Ausgangsdichtwand 7 in axialer Richtung verschieblich, wie dies durch den dick auf der Längsachse des Extruders dargestellten Doppelpfeil angedeutet ist. Die Verzahnungsbreite des Hohlrads 3 ist mit  $b_1$  und die Verzahnungsbreite der Planetenräder 1 mit  $b_2$  bezeichnet. Beide Verzahnungsbreiten  $b_1$ ,  $b_2$  sind etwa gleich groß, so dass in einer nicht dargestellten Ausgangsstellung, bei der die Schneckenwelle mit dem mechanisch daran gekoppelten Planetenträger 3 nach links verschoben ist (linke Endposition), sich beide Verzahnungsbreiten  $b_1$ ,  $b_2$  vollständig überdecken. Der gegenüber dieser Ausgangsstellung eingetretene Verschiebeweg der Schneckenwelle 17 und des Planetenträgers 2 ist in Fig. 4 mit  $w$  bezeichnet. Somit ist in der gezeigten Stellung (in der Nähe der rechten Endposition) die Verzahnung lediglich über eine Länge  $b_1 - w$  im Eingriff. Dementsprechend ist das Fördervolumen der Zahnrادpumpe 18 reduziert. Dabei bleibt der an den Dichtbereichen 11 (Fig. 3b, c) vorbeigeführte Teilstrom der Fördermenge völlig unbeeinflusst. Es verändert sich lediglich der Teilstrom, der durch die Verdrängung der in die Zahnücken des Hohlrads 3 eingreifenden Zähne der Planetenräder 1 hervorgerufene Massenteilstrom. Um zu verhindern, dass durch die axiale Verschiebung des Planetenträgers 3 der Zahnrادpumpe 18 eine ungewollte Leckage zwischen dem Druckraum 10 und dem Saugraum 9 im Bereich der Zahnücken an der linken Seite des Hohlrads 3 entsteht, ist die Dicke der Eingangsdichtwand 5, die mit  $d$  bezeichnet ist, erheblich größer als die Dicke der Ausgangsdichtwand 7. Zum Erhalt der Dichtigkeit muss diese Dicke  $d$  zumindest geringfügig größer sein als der maximale Verschiebeweg  $w$ , damit der Umfang der Eingangsdichtwand 5 trotz der Verschiebung weiterhin dicht an der glattwandigen Innenseite des Extrudergehäuses 16 oder eines in diesem Bereich fortgesetzten Pumpengehäuses 4 anliegt. Wenn diese Überdeckung der Eingangsdichtwand 5 mit dem Extrudergehäuse 16 nicht gegeben wäre, würde eine Rückströmung aus dem Druckraum 10 durch diejenigen Zahnücken des Hohlrads 3 entstehen, die gerade nicht mit den entsprechenden Zähnen der Planetenräder 2 im Eingriff stehen. Dieser Effekt der Rückströmung könnte aber auch bewusst erzeugt und gesteuert werden, um die Förderleistung der Pumpe zu regeln. Insofern ist die erhebliche Vergrößerung der Dicke der Eingangsdichtwand 5 nicht zwingend erforderlich, um die Funktionsfähigkeit der Zahnrادpumpe 18 trotz Verschiebung des Planetenträgers 3 in axialer Richtung aufrechtzuerhalten. Auf diesem Wege lässt sich die Förderleistung der Zahnrادpumpe 18 sogar wesentlich stärker reduzieren, als dies bei der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform möglich ist.

[0047] Fig. 5 zeigt eine ähnliche Anordnung von Schneckenextruder 15 mit Zahnrادpumpe 18, die lediglich um das Merkmal ergänzt ist, dass in Förderrichtung, die von links nach rechts geht, hinter der Zahnrادpumpe 18 noch ein Stiftzylinderextruderbereich 20 angeschlossen ist, wie er insbesondere zur Verarbeitung von Kautschukmischungen häufig verwendet wird. In das Gehäuse des Stiftzylinderextruderbereichs 20 sind Stifte 23 eingesetzt, die, wie dies durch die Doppelpfeile angedeutet ist, in radialer Richtung auf die Extruderlängsachse angestellt werden können. Die Zahnrادpumpe 18 sorgt in diesem Fall dafür, dass am Ende



des Stiftzylinderextruderbereichs 20 noch ein ausreichender Druck für die Extrusion des verarbeiteten Materials vorliegt. [0048] In Fig. 6 ist die Anordnung gemäß Fig. 5 noch um zwei weitere Abschnitte erweitert. An den Stiftzylinderextruderbereich 20 schließt sich in Förderrichtung nämlich zunächst ein Vakuumentgasungsbereich 21 mit einem Vakuumanschluss 24 und einem eingangsseitigen Blister 26 sowie mit einer 4-gängigen Schneckenwelle 17 an, während am Extrusionsende, also am rechten Ende der Anordnung noch eine zweite Zahnradpumpe 18 angeschlossen ist, die den zur Extrusion gewünschten Förderdruck der verarbeiteten Schmelze erzeugt. Bei dieser Anordnung wird durch volumetrisches Fördern durch die beiden Zahnradpumpen 18 eine Entkopplung von Aufstaulänge und Extrusionsdruck ermöglicht, so dass ein Überfluten der Vakuumabsaugung im Vakuumentgasungsbereich 21 vermieden werden kann. [0049] Für die Verzahnung des Hohlrad 3 (oder im Falle einer umgekehrten Pumpenanordnung die Verzahnung des Sonnenrads) und/oder die Verzahnung der Planetenräder 1 kann eine Ausführungsform gewählt werden, wie sie in Fig. 7 exemplarisch und schematisch als Teilschnittbild eines Planetenrads 1 dargestellt ist. Dieses Planetenrad 1 besitzt einen Zahnradgrundkörper 13, der vorzugsweise aus Metall (z. B. Stahl) gefertigt ist und in Bezug auf die Verzahnung fertigungstechnisch relativ grob toleriert sein kann. Die einzelnen Zähne sind wesentlich kleiner und die Zahnücken wesentlich größer als dies für die Endform des Planetenrads 1 angestrebt wird. Diese Endform wird durch eine Umhüllung aus einem weichelastischen Material 14 (z. B. Gummi oder ein thermoplastisches Elastomer) hergestellt. Wegen der guten Verformbarkeit dieses Materials braucht die Formgenauigkeit des fertigen Planetenrads 1 nicht so hoch zu sein, wie dies bei einem starren Werkstoff der Fall sein müsste, da Übermaße der Zahngeometrie durch Verformung während des Zahneingriffs kompensiert werden können. Wegen der geringeren Anforderungen an die Formgenauigkeit lässt sich der Fertigungsaufwand für die Verzahnung entsprechend reduzieren. Auf der anderen Seite können auf diese Weise aber auch besonders hohe Anforderungen an die Dichtigkeit der im Eingriff befindlichen Verzahnung hinsichtlich eines ungewollten Materialrückflusses erfüllt werden. [0050] In Fig. 8 ist eine weitere Variation hinsichtlich der einsetzbaren Verzahnung wiederum am Beispiel eines Planetenrads 1, das als Ausschnitt dargestellt ist, schematisch angedeutet. Dieses Planetenrad 1 weist alternierend unterschied hohe Zähne auf. Der Unterschied in der Zahnhöhe ist mit  $\Delta h$  bezeichnet. Jeder zweite Zahn hat hierbei eine geringere Zahnhöhe als die normale Zahnhöhe. Alternativ könnten auch mehrere Zähne hintereinander jeweils die gleiche Höhe aufweisen, so dass die Zahnhöhe über den Umfang sich bereichsweise verändern würde. Es könnten auch Planetenräder 1 eingesetzt werden, die in sich jeweils gleiche Zahnhöhe aber untereinander unterschiedliche Zahnhöhen aufweisen. Damit könnte ein besonderer Effekt erreicht werden, nämlich eine Kompaktierung des in einer Zahnücke des Hohlrad 3 befindlichen Materials, das von einem Zahn mit verringerter Zahnhöhe beaufschlagt und dadurch höchstens teilweise aus der Zahnücke in den Druckraum 10 hineingefördert wird. Durch einen beim weiteren Umlauf des Planetenträgers in eine solche Zahnücke eindringenden anderen Zahn mit normaler Zahnhöhe könnte dann dieses kompaktierte Material in den Druckraum gefördert werden. [0051] Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Bauweise einer Zahnradpumpe gewährleistet, dass beim Leerfahren eines mit einer solchen Zahnradpumpe ausgerüsteten Extruders praktisch das gesamte Schmelzenmaterial aus dem Extruder und der damit verbundenen Zahnradpumpe hinausge-

fördert wird, da zur Sicherstellung der Materialeinspeisung in die Zahnradpumpe praktisch kein Vordruck erforderlich ist. Auf diese Weise lassen sich in den meisten Fällen aufwendige Reinigungsarbeiten beim Wechseln des zu verarbeitenden Materials vermeiden. Es kommt hinzu, dass wegen der Aufteilung der Materialströme an jedem Planetenrad in zwei kleinere Teilströme diese Zahnradpumpe eine erheblich bessere Mischungswirkung auf das zu verarbeitende Material hat, als dies bei einer üblichen als Schmelzepumpe eingesetzten Zahnradpumpe in der Bauweise eines Stirnradgetriebes der Fall ist. Dort werden lediglich zwei Materialteilströme erzeugt und wieder zusammengeführt. Bei den in den Figuren dargestellten Zahnradpumpen, die jeweils mit vier Planetenräder ausgestattet sind, werden acht Teilströme im Schmelzenfluss erzeugt und wieder zusammengeführt. Dadurch wird eine signifikant bessere Materialmischung gewährleistet. Durch eine einfache mechanische Kopplung des Planetenträgers mit der Schneckenwelle eines Extruders kann auf einen separaten motorischen Antrieb der Zahnradpumpe vollständig verzichtet werden. Dennoch ist eine Regelung der Förderleistung der Zahnradpumpe möglich, wenn diese auf eine axiale Verstellung eingerichtet ist, wie dies vorstehend beschrieben wurde.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Planetenrad
- 2 Planetenträger
- 3 Hohlrad
- 4 Pumpengehäuse
- 5 Eingangs dichtwand
- 6 Eintrittsöffnung
- 7 Ausgangs dichtwand
- 8 Austrittsöffnung
- 9 Saugraum
- 9a Saugraumelement
- 10 Druckraum
- 10a Druckraumelement
- 11 Dichtbereich
- 12 Trennwand
- 13 Zahnradgrundkörper
- 14 weichelastische Umhüllung
- 15 Schneckenextruder
- 16 Extrudergehäuse
- 17 Schneckenwelle
- 18 Zahnradpumpe
- 19 Förderende
- 20 Stiftzylinderextruderbereich
- 21 Vakuumentgasungsbereich
- 22 Extruderaustritt
- 23 Verstellbarer Stift
- 24 Vakuumanschluß
- 25 Kopfstück
- 26 Blister
- b<sub>1</sub> Verzahnungsbreite Hohlrad
- b<sub>2</sub> Verzahnungsbreite Planetenrad
- w Verschiebeweg
- d Dicke Eingangs dichtwand
- $\Delta h$  Unterschied der Zahnhöhe

#### Patentansprüche

1. Zahnradpumpe zur Förderung hochviskoser Medien, insbesondere von Kunststoffschmelzen und Kautschukmischungen, in der Bauart eines Planetengetriebes, mit einem mit mindestens einem drehbar gelagerten Planetenrad (1) bestückten Planetenträger (2),

mit zwei weiteren Funktionselementen; die mit dem mindestens einen Planetenrad (1) im Sinne eines Sonnenrads bzw. eines Hohlrads (3) zusammenwirken, mit einem den Planetenträger (2) umgebenden Pumpengehäuse (4),  
mit einer Eingangsdichtwand (5), die mit dem Planetenträger (2) drehfest verbunden ist und mindestens eine Eintrittsöffnung (6) für das zu fördernde Medium aufweist,  
mit einer Ausgangsdichtwand (7), die mit dem Planetenträger (2) drehfest verbunden ist und mindestens einer Austrittsöffnung (8) für das zu fördernde Medium aufweist und  
und mit einem Saugraum (9) und einem Druckraum (10), die von dem Pumpengehäuse (4) umschlossen und gegeneinander abgedichtet sind, wobei der Saugraum (9) in Förderrichtung vor der Eingangsdichtwand (5) angeordnet ist und sich durch die mindestens eine Eintrittsöffnung (6) hindurch in mindestens ein Saugraumelement (9a) entlang des mindestens einen Planetenrads (1) bis zu der Ausgangsdichtwand (7) erstreckt und wobei der Druckraum (10) in Förderrichtung hinter der Ausgangsdichtwand (7) angeordnet ist und sich durch die mindestens eine Austrittsöffnung (8) hindurch in mindestens ein Druckraumelement (10) entlang des mindestens einen Planetenrads (1) bis zu der Eingangsdichtwand (5) erstreckt, dadurch gekennzeichnet,  
dass jeweils nur eines der beiden als Sonnenrad oder Hohlrad (3) wirkenden Funktionselemente eine mit dem mindestens einen Planetenrad (1) kämmende Verzahnung aufweist und das andere Funktionselement mindestens einen Dichtbereich (11) aufweist, der glattwandig und über einen Teil des Umfangs und über die Länge des mindestens einen Planetenrads (1) gleitbar dichtend anliegend ausgeführt ist,  
dass das den mindestens einen Dichtbereich (11) aufweisende andere Funktionselement drehfest mit dem Planetenträger (2) verbunden ist und  
dass zur Trennung des mindestens einen Saugraumelements (9) von dem mindestens einen Druckraumelement (10) in Umfangsrichtung versetzt zu dem mindestens einen Planetenrad (1) mindestens eine sich von der Eingangsdichtwand (5) bis zur Ausgangsdichtwand (7) erstreckende Trennwand (12) angeordnet ist, die mit dem den mindestens einen glattwandigen Dichtbereich (11) aufweisenden anderen Funktionselement drehfest und dichtend verbunden ist und sich in radialer Richtung bis zum Kopfkreis der Verzahnung des die Verzahnung aufweisenden Funktionselements erstreckt.  
2. Zahnradpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils mindestens zwei, insbesondere jeweils mindestens vier Planetenräder (1), Trennwände (12), Eintritts- (6) und Austrittsöffnungen (8) vorgesehen sind.  
3. Zahnradpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung des mindestens einen Planetenrads (1) und des verzahnten Funktionselements als Schrägverzahnung ausgeführt ist.  
4. Zahnradpumpe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Trennwand (12) entsprechend der Schrägverzahnung in axialer Richtung wendelförmig verläuft.  
5. Zahnradpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Trennwand (12) einstückig mit dem den mindestens einen Dichtbereich (11) aufweisenden Funktionselement

ausgebildet ist.

6. Zahnradpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlrad (3) mit der Verzahnung und das dem Sonnenrad entsprechende Funktionsteil mit dem mindestens einen Dichtbereich (11) versehen ist.

7. Zahnradpumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Planetenträger (2) und das dem Sonnenrad entsprechende Funktionsteil einstückig ausgebildet sind.

8. Zahnradpumpe nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangsdichtwand (5) oder die Ausgangsdichtwand (7) einstückig mit dem Planetenträger (2) ausgebildet ist.

9. Zahnradpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Hohlrad (3) einstückig mit dem das Hohlrad (3) umgebenden Teil des Pumpengehäuses (4) ausgebildet ist.

10. Zahnradpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Außendurchmesser der Eingangsdichtwand (5) ungleich, insbesondere kleiner ist als der Außendurchmesser der Ausgangsdichtwand (7).

11. Zahnradpumpe nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zur Veränderbarkeit des Fördervolumens der Zahnradpumpe (18) der Planetenträger (2) zusammen mit dem dem Sonnenrad entsprechenden Funktionsteil und der Eingangs- (5) und der Ausgangsdichtwand (7) innerhalb des Pumpengehäuses (4) axial gegenüber dem Hohlrad (3) um einen Verschiebeweg  $w$  verschieblich angeordnet ist.

12. Zahnradpumpe nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke  $d$  (in Verschieberichtung gesehen) der Eingangsdichtwand (5) größer ist als der maximale Verschiebeweg  $w$ .

13. Zahnradpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Planetenrad (1) und/oder das die mit dem mindestens einen Planetenrad (1) kämmende Verzahnung aufweisende Funktionsteil zumindest im oberflächennahen Bereich seiner Verzahnung weich-elastisch ausgeführt ist/sind.

14. Zahnradpumpe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung jeweils durch einen fertigungstechnisch grob tolerierten metallischen Zahnradgrundkörper (13) mit einer elastischen Umhüllung (14), insbesondere einer Umhüllung aus Gummi oder einem thermoplastischen Elastomer, im Verzahnungsbereich gebildet wird.

15. Zahnradpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung des Hohlrads (3) oder des mindestens einen Planetenrads (1) alternierend oder abschnittsweise mit Zähnen unterschiedlicher Höhe ausgeführt ist oder im Falle mehrerer Planetenräder (1) die Zähne mindestens eines dieser Planetenräder (1) eine andere Zahnhöhe aufweisen als ein anderes Planetenrad.

16. Verwendung einer oder mehrerer Zahnradpumpen in der Bauart eines Planetengetriebes, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 15, in einem Schneckenextruder (15) zur Förderung fließfähiger Medien, insbesondere von Kunststoffschmelzen oder Kautschukmischungen, mit einer oder mehreren Schneckenwellen (17), wobei der Antrieb der Zahnradpumpe oder -pumpen (18) jeweils mechanisch mit der oder den Schneckenwellen (15) gekoppelt ist.

17. Verwendung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Pumpengehäuse (4) Bestandteil des



Gehäuses (18) des Schneckenextruders (15) ist oder unmittelbar daran angeschlossen ist.

18. Verwendung nach einem der Ansprüche 16 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Gangzahl am Förderende (19) der Schneckenwelle/-wellen (17) jeweils 5  
gleich der Zahl der Planetenräder (1) der daran angeschlossen Zahnradpumpe (18) ist.

19. Verwendung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Gangzahl des vor dem Förderende (19) liegenden Abschnitts der Schneckenwelle (17) jeweils 10  
halb so groß ist wie die Gangzahl am Förderende (19).

20. Verwendung nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Verzahnung in der Zahnradpumpe (18) schrägverzahnt ausgeführt und der 15  
Neigung der Wendelung der Gänge der Schneckenwelle (17) – bezogen auf die Förderrichtung des Schneckenextruders (15) – jeweils entgegengesetzt ist.

21. Verwendung nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneckenwelle (17) 20  
jeweils zusammen mit dem Planetenträger (2) und dem dem Hohlrad entsprechenden Funktionsteil sowie der Eingangs- und der Ausgangsdichtwand (5, 7) axial verschieblich angeordnet ist.

22. Verwendung nach einem der Ansprüche 16 bis 21, 25  
dadurch gekennzeichnet, dass in Förderrichtung hinter der Zahnradpumpe (18) ein Stiftzylinderextruderbereich (20) angeordnet ist.

23. Verwendung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass auf einer Schneckenwelle (17) axial 30  
hintereinander zwei Zahnradpumpen (18) angeordnet sind, wobei die in Förderrichtung zweite Zahnradpumpe (18) unmittelbar nach einem Vakuumentgasungsbereich (21) angeordnet ist, der sich an den Stiftzylinderextruderbereich (20) anschließt. 35

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig.2

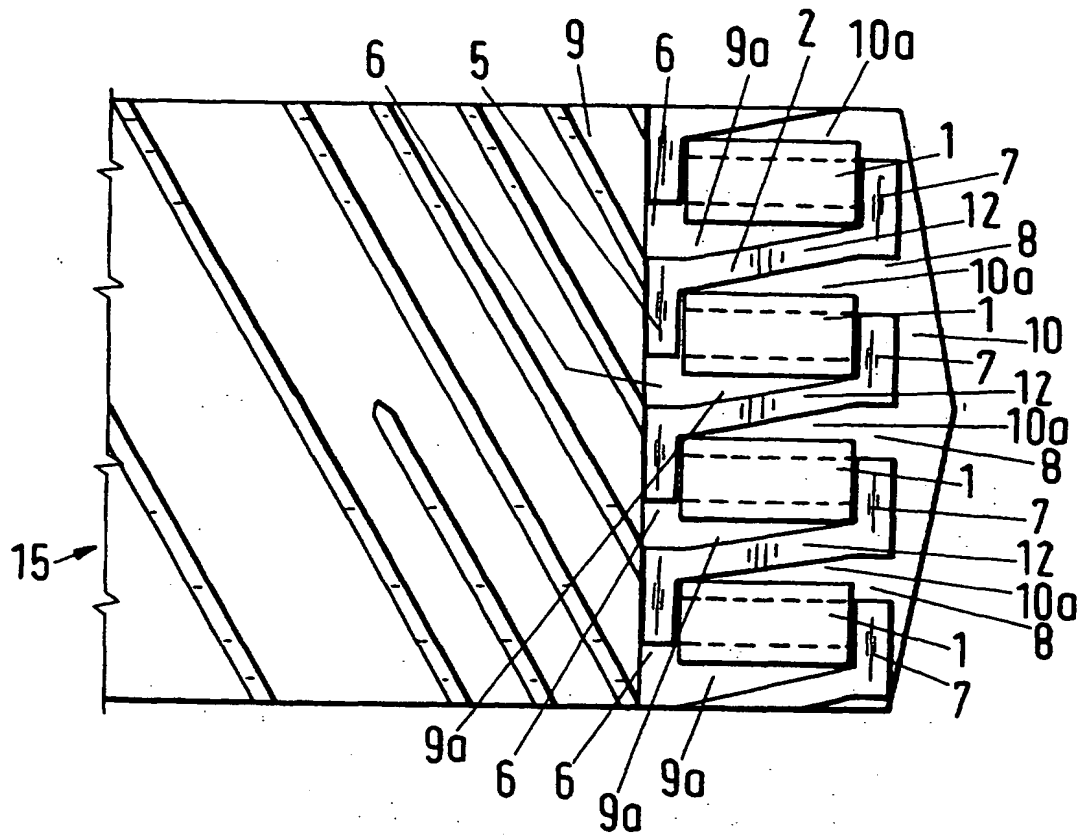


Fig.3A

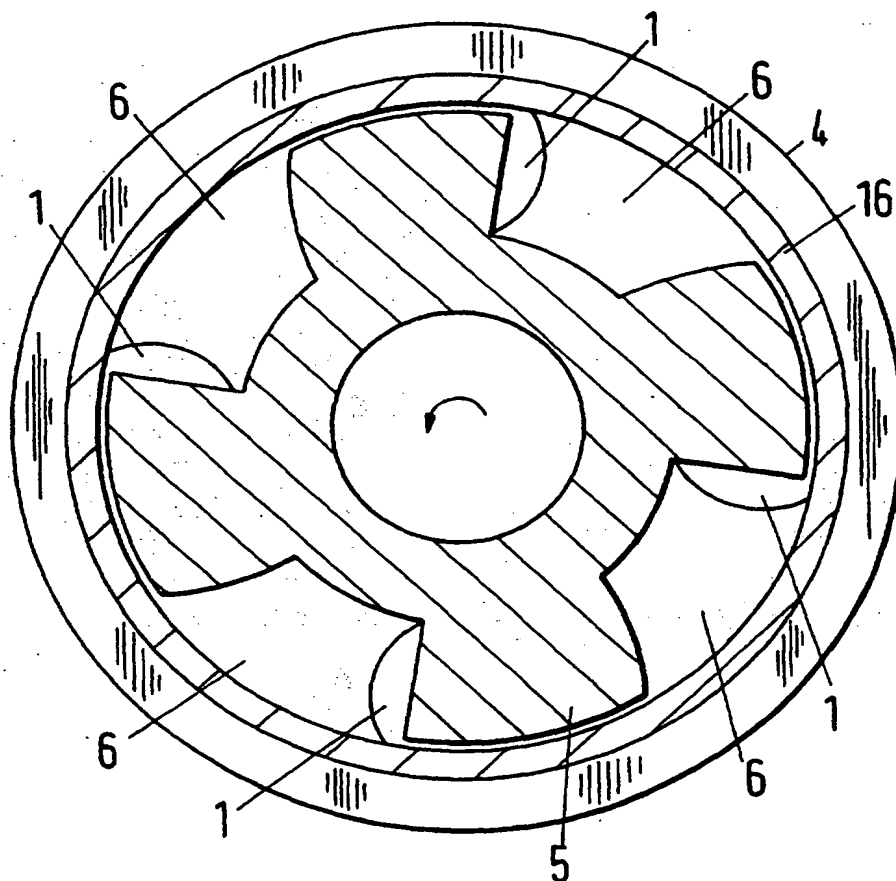


Fig. 3B

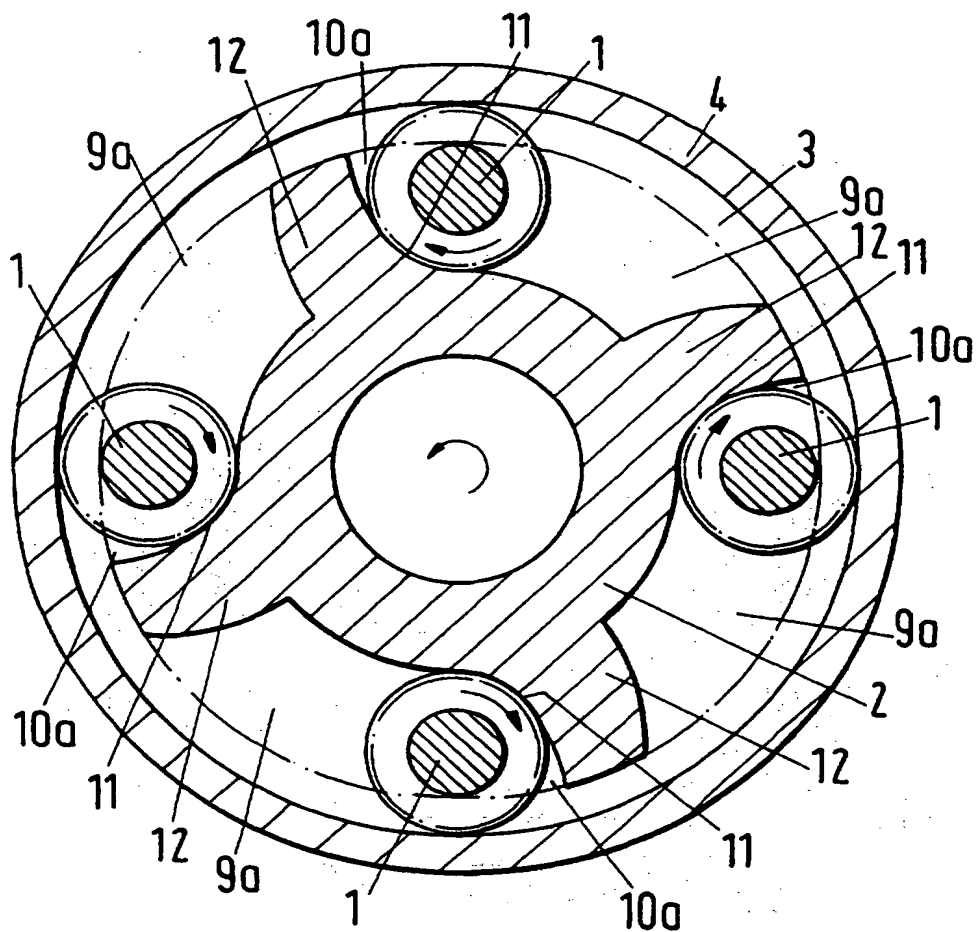


Fig. 3C

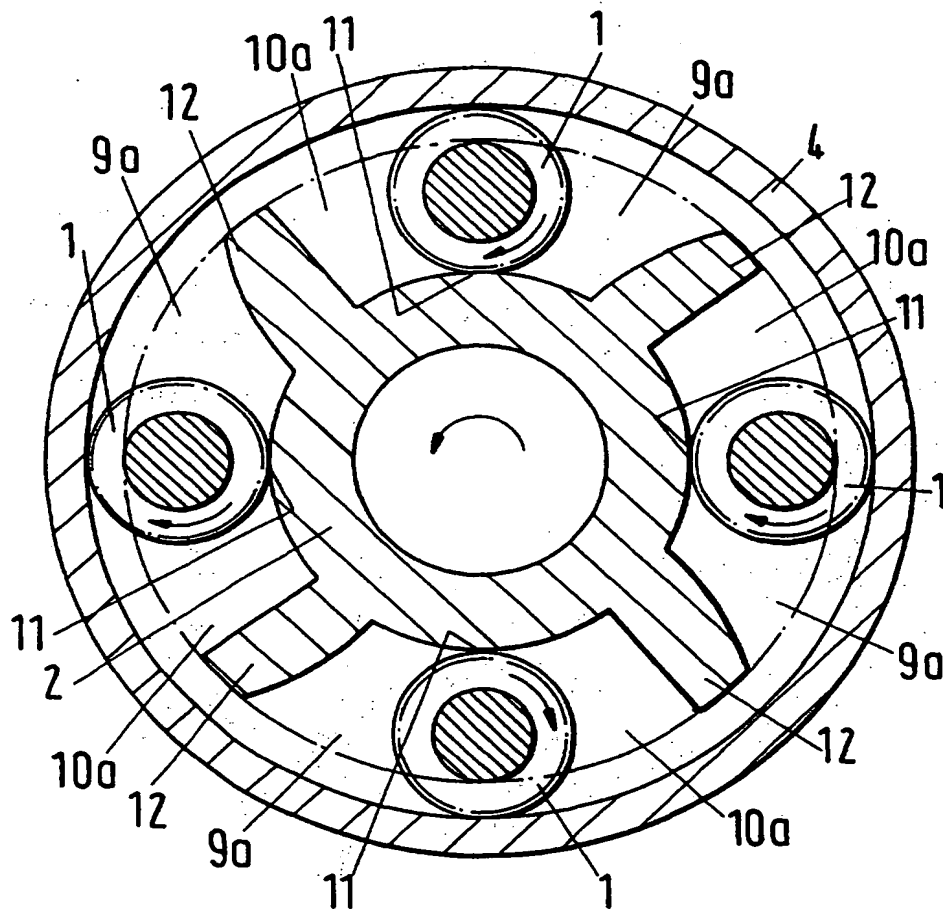




Fig.3D

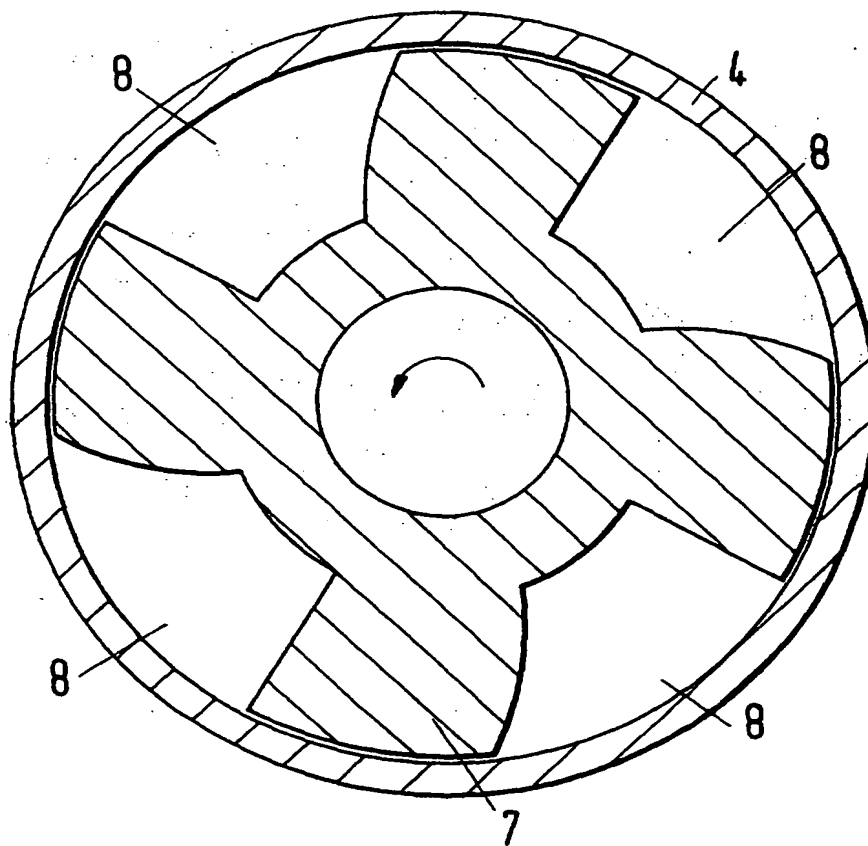


Fig.4

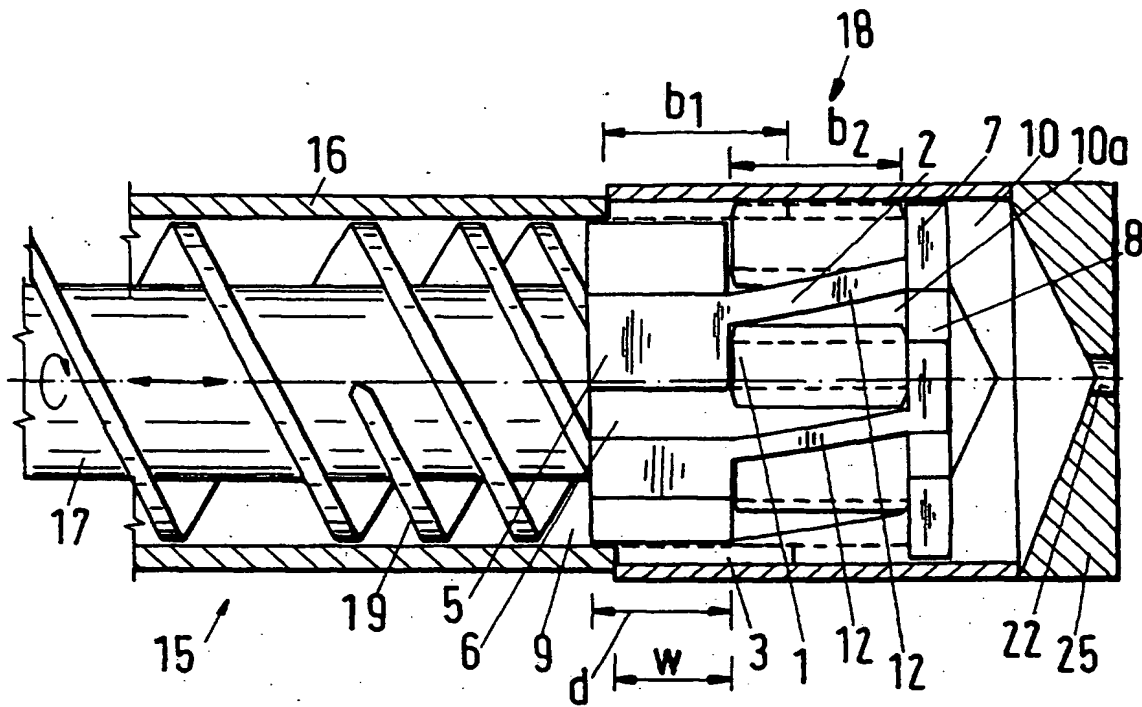


Fig.5

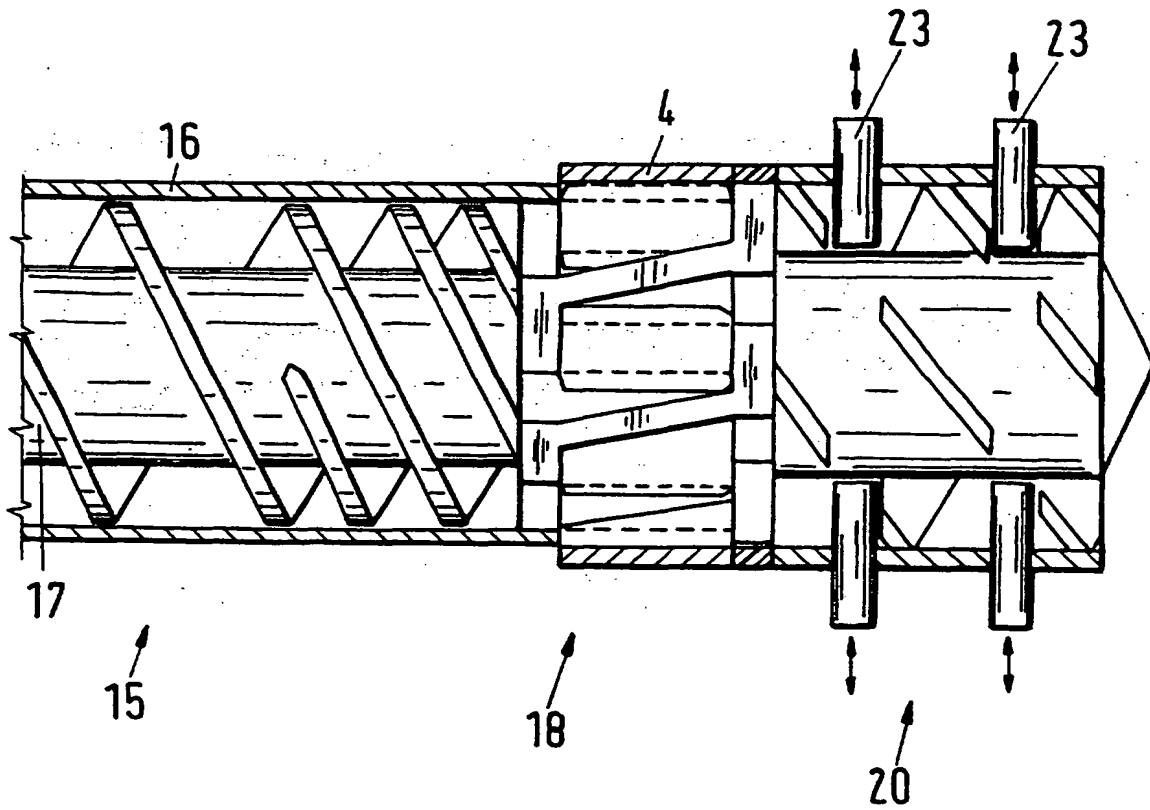


Fig.6

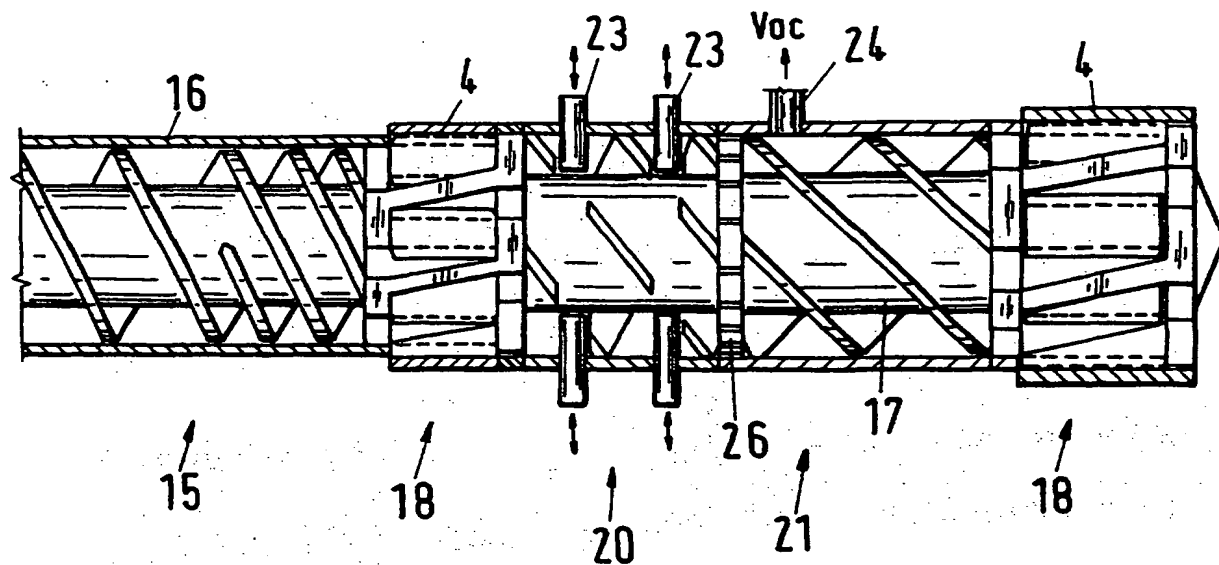


Fig.7

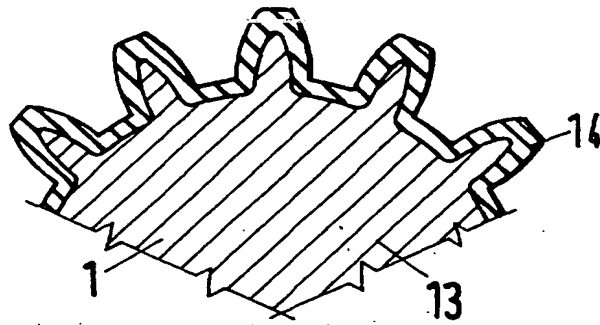


Fig.8

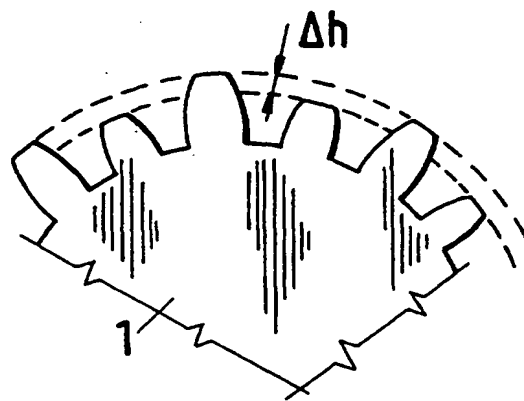


Fig.1

